Supercella tornadica in Veneto e Friuli 6 giugno 2009

A cura di Ezio Tormena (SerenissimaMeteo)

Con la collaborazione di Marco Rabito, Gloria Cariolato, Davide Rosa, Giuseppe Aiello e Tobia Scortegagna.

Una pubblicazione di SERENISSIMAMETEO.EU

06 luglio 2009

Anche in questo principio d'estate del 2009 la pianura padana offre condizioni meteorologiche favorevoli alla formazione di temporali a supercella. Si tratta dei temporali più forti esistenti in natura, provvisti di mesociclone e pertanto in alcuni casi la rotazione già presente al loro interno può dare origine a fenomeni tornadici. Questo è il caso del 6 giugno 2009 quando una supercella ha dato origine ad un tornado che si è abbattuto con estrema violenza sull'abitato di Vallà, frazione di Riese Pio X (TV) e ad un altro sistema analogo nella provincia di Pordenone (Orcenico e Valvasone). Altri danni sul percorso di questo temporale sono stati riscontrati nel territorio spesso attribuibili ai downbursts (forti raffiche di vento discendenti dal cuore dei temporali) ed ai chicchi di grandine anche di grosse dimensioni.

1 Il tornado

1.1 Concetti generali

Il tornado è una colonna d'aria in violenta rotazione in contatto con il terreno che scende da un cumulonembo ed è osservabile come una nube ad imbuto. I tornado sono senza dubbio il fenomeno atmosferico più incredibile e distruttivo. Essi sono molto più piccoli e molto meno duraturi dei cicloni tropicali: un uragano può superare i 1000 Km di diametro mentre i tornado eccedono raramente i 2 Km. Ma un tornado, nella sua ristretta fascia di distruzione, scatena venti che possono spirare a oltre 500 Km/h (molto superiori ai 300 Km/h dei venti dei cicloni tropicali) esercitando sulle superfici colpite pressioni dinamiche dell'ordine di 1 tonnellata per metro quadrato. In un tornado (o tromba d'aria) inoltre agiscono altre forze. Innanzitutto il vento possiede una notevole componente verticale: le correnti ascensionali possono raggiungere i 300 Km/h riuscendo a sollevare da terra gli oggetti più pesanti (automobili, intere case, locomotive, ecc). Importante è anche la caduta di pressione che accompagna il passaggio di queste strutture: un vero e proprio crollo barico stimato nell'ordine dei 25-30 mb in pochi minuti. Essendo tale diminuzione di pressione repentina, al passaggio dell'imbuto, le strutture chiuse (case, palazzi, ecc) si troverebbero improvvisamente ad avere una pressione interna molto superiore a quella esterna, il che potrebbe potenzialmente portare ad una "esplosione" degli edifici stessi, non fosse per il fatto che prima dello sviluppo del crollo barico i venti tangenziali prodotti dal tornado solitamente producono sulle aperture tipologie di danni tali da poter escludere le condizioni di perfetta chiusura degli edifici, rispetto

all'ambiente esterno. Aprire una finestra può quindi risultare utile per facilitare il deflusso dell'aria, ma tale operazione è sconsigliata per il rischio di essere colpiti dalle schegge dei vetri che si infrangono.

A tutto questo va aggiunto che i tornado si formano all'improvviso, si muovono molto rapidamente (50-100 Km/h), e sono quasi imprevedibili. La loro potenza quasi soprannaturale, il loro aspetto, allo stesso tempo suggestivo e terrificante, e lo spaventoso rombo stridente che li accompagna fanno dei tornado un vero e proprio prodigio della natura.

1.2 La scala Fujita

La Scala Fujita è una misura empirica dell'intensità di un tornado in funzione dei danni inflitti alle strutture costruite dall'uomo. L'origine della misurazione è insolita: l'esplosione atomica di Hiroshima ebbe tra i suoi effetti anche lo sviluppo di numerosi tornado. L'allora giovane ricercatore Tetsuya Theodore Fujita giunse sul luogo appositamente per studiare il fenomeno. I suoi studi culminarono nel 1971 con l'ideazione e la pubblicazione della scala di misura in collaborazione con Allan Pearson, responsabile del Centro di Previsione Meteorologica di Kansas City, nello stato del Missouri. La scala di misurazione Fujita è applicabile solo dopo il passaggio di un tornado, e non durante, anche se a volte è possibile formulare un'ipotesi sulla sua intensità applicando la scala F. È comunque applicabile solo dopo che gli scienziati abbiano determinato tracce radar, intervistato i testimoni e valutato i danni provocati.

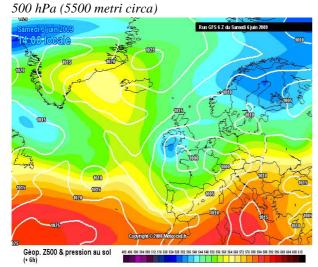
1.3 La Scala Enhanced Fujita

Negli ultimi tempi è stata introdotta la nuova scala dell'intensità dei Tornado (EF-scale), una revisione aggiornata della vecchia e oramai obsoleta scala Fujita (F-scale) (1971-1973), ottenuta analizzando le informazioni e i dati disponibili dalle ultime campagne d'osservazione, in contemporanea con i progressi della scienza delle costruzioni con modelli e simulazioni, sulla dinamica dei venti sulle strutture urbane.

ORIGINAL FUJITA SCALE		ENHANCED FUJITA SCALE		
F5	261-318 mph	EF5	+200 mph	
F4	207-260 mph	EF4	166-200 mph	
F3	158-206 mph	EF3	136-165 mph	
F2	113-157 mph	EF2	111-135 mph	
F1	73-112 mph	EF1	86-110 mph	
FO	<73 mph	EF0	65-85 mph	

2 Sabato 6 giugno 2009

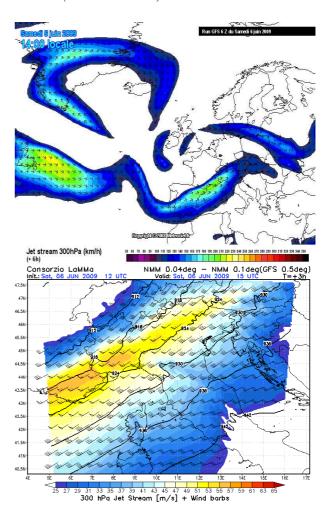
2.1 Situazione in quota



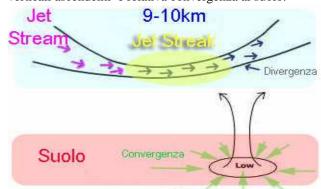
E' presente un vortice polare ben strutturato con minimo di geopotenziale nell'alta penisola Scandinava e una goccia fredda ad Ovest dell'Inghilterra che genera una saccatura sulla penisola Iberica.

La fascia anticiclonica sub-tropicale presenta due promontori, uno in pieno Oceano Atlantico proteso verso la Groenlandia e uno sul Nord Africa con asse diretto disposto verso i Balcani, che interesserà nei giorni seguenti tutta la penisola apportando tempo bello e temperature elevate.

300 hPa (9000 metri circa)

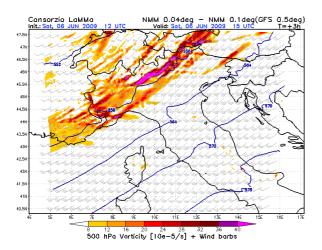


A 300 hPa è presente il ramo ascendente della corrente a getto con valori elevati (jetstreak), prossimi ai 200 Km/h. Questo provoca una divergenza effettiva, cioè un deficit di aria alle quote superiori, che innesca moti verticali ascendenti e relativa convergenza al suolo.



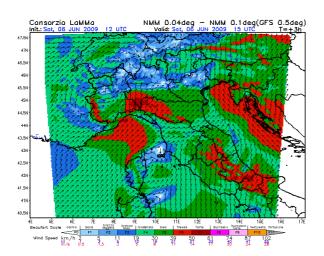
Il calo barico negli strati inferiori, richiama aria che converge verso il centro della colonna d'aria che salendo, per effetto della forza di Coriolis, devia il proprio moto verso destra innescando una rotazione antioraria che prende il nome di vorticità postiva (ciclonica).

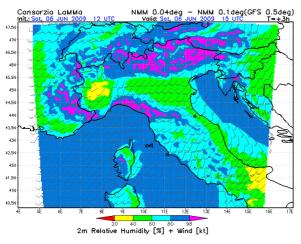
Vorticità a 500 hPa (5500 metri circa)



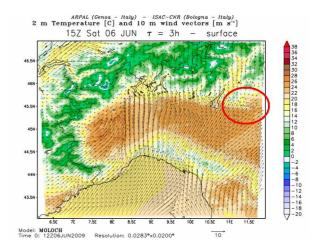
2.2 Situazione al suolo

Nei bassi strati troviamo il ramo frontale freddo in arrivo da Sud-Ovest, preceduto da flussi orientali da Sud-Est umidi e caldi.





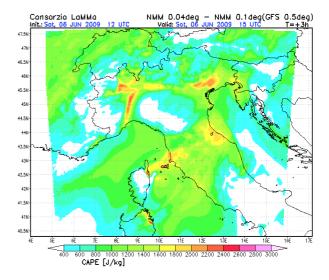
La linea di convergenza presente nell'alto vicentino (nel cerchio rosso) sarà l'innesco che darà origine alla cella temporalesca da cui si svilupperà il tornado.



2.3 Indici temporaleschi

CAPE (Convective Available Potential Energy)
Rappresenta l'energia potenziale per lo sviluppo
convettivo. E' espresso in Joule per chilogrammo
(J/Kg).

CAPE < 500 assenza di temporali CAPE 500 ÷ 1000 possibilità di isolati temporali CAPE 1000 ÷ 2000 temporali abbastanza probabili CAPE > 2000 temporali forti abbastanza probabili; possibili tornado

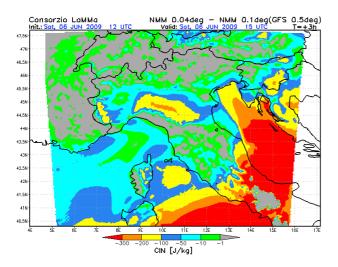


CIN (Convective Inibition)

Rappresenta l'energia disponibile in bassa troposfera a impedire l'innesco di moti convettivi. E' espresso in Joule per chilogrammo (J/Kg).

CIN da 0 a 50 la convezione potrà partire anche spontaneamente CIN da 51 a 199 ci potrà essere convezione se c'è passaggio frontale o profilo termodinamico verticale molto instabile.

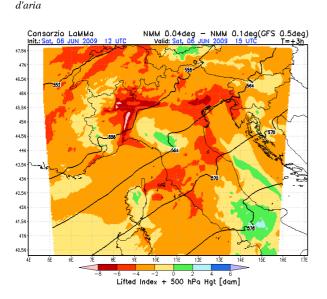
CIN oltre 200 sarà difficile la partenza di celle convettive anche in presenza di elevati valori di CAPE



LI (Lifted index)

Misura la stabilità dell'aria nella media troposfera. E' espresso in gradi centigradi (°C) ed è molto utile per prevedere la possibilità di temporali di forte intensità.

LI>2 = assenza di temporali LI da 0 a 2 = possibilità di temporali isolati LI da -2 a 0 = temporali abbastanza probabili LI da -4 a -2 = temporali forti possibili LI <-6 = temporali forti abbastanza probabili, possibilità di trombe



TT (Totals totals index) e SWEAT

Sono due indici di stabilità. Lo SWEAT è usato più che altro per la previsione di possibili tornado e non necessariamente di supercelle.

TT < 44 assenza di temporali

TT 44 ÷ 45 possibilità di temporali isolati e moderati

TT 46 ÷ 47 temporali moderati sparsi/possibili temporali forti

TT 48 ÷ 49 temporali moderati sparsi/isolati temporali forti

TT 50 ÷ 51 temporali forti sparsi/possibili tornado

TT 52 ÷ 55 numerosi temporali forti/tornado abbastanza probabili

TT > 55 numerosi temporali forti/tornado molto probabili

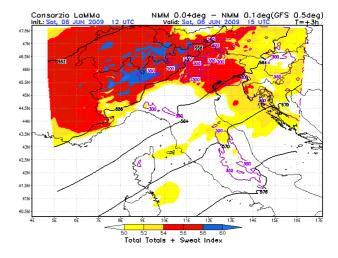
SWEAT < 270 sfavorevole

SWEAT 270 ÷ 300 bassa possibilità di tornado

SWEAT 300 ÷ 400 moderata possibilità di tornado

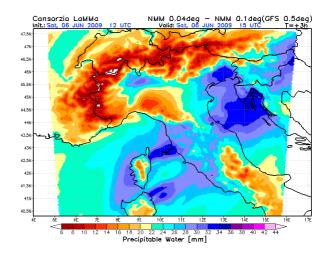
SWEAT 400 ÷ 600 elevata possibilità di tornado

SWEAT 601 ÷ 800 altissimo rischio di tornado



Precipitable water

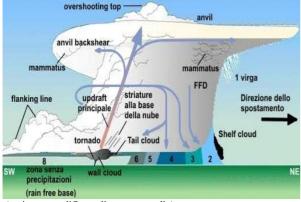
E' il contenuto totale di vapor acqueo della colonna d'aria, espresso in mm di acqua, utile per avere un'idea di quanto sia umida l'aria che grava sulla verticale del luogo. Valori superiori a 20 mm denotano una sufficiente quantità di vapor acqueo per lo sviluppo di temporali.



2.4 Radiosondaggio Udine 12Z

I radiosondaggi sono utili per l'analisi del profilo verticale dei venti, al fine di determinare la possibilità di genesi di updrafts inclinati e/o rotanti, i quali rappresentano un fondamentale indizio circa la formazione di strutture temporalesche di una certa violenza.

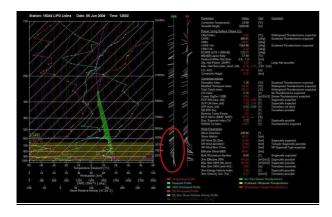
Come detto, correnti ascensionali ad asse inclinato e rotante favoriscono lo sviluppo di sistemi temporaleschi molto spesso severi (supercelle); proprio rotazione ed inclinazione consentono una netta distinzione sia strutturale che evolutiva di updrafts e downdrafts, i quali non disturbandosi a vicenda permettono un maggior vigore e mantenimento temporale dell'intero sistema.

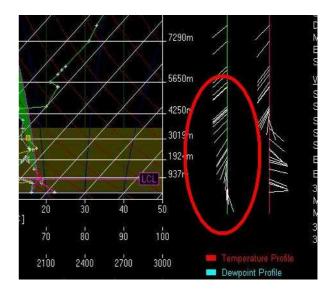


(sezione semplificata di una supercella)

Importanti indizi il 6 giugno 2009 giungono sicuramente dal radiosondaggio di Udine delle ore 12Z che evidenzia tutti i valori importanti per la formazione di supercelle potenzialmente tornadiche. Il particolare evidenziato nell'ovale denota valori particolari di *wind shear*.

Si nota come al crescere dell'altezza vi sia una rotazione in senso orario delle correnti, le stesse con il crescere dell'altezza in libera atmosfera aumentano anche la loro intensità, si parla quindi di elevato *speed* and directional shear.

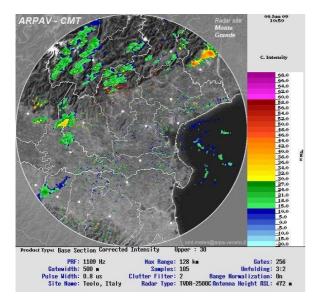




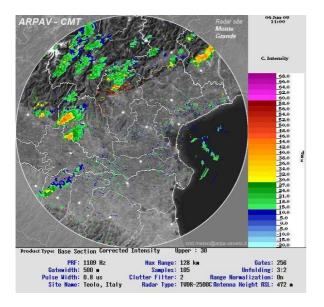
<u>Parameter</u>	<u>Value</u>	<u>Unit</u>	Comment
Convective Temperature:	23.89	[°C]	
Snowfall Height:	3283.68	[m]	
Parcel: Using Surface Value	s LCL		
Lifted Index:		[°C]	Widespread Thunderstorms expected
CAPE:	989.91	[J/kg]	Scattered Thunderstorms expected
CINH:		[J/kg]	
CAPE Virt.:	1064.98	[J/kg]	Scattered Thunderstorms expected
CINH Virt.:	8.43	[J/kg]	
DCAPE (LFS = 590mB):	228.72	[J/kg]	
850-600 Lapse Rate:	17.94	[°C]	
Fawbush-Miller Hail Size:	0.6 - 1.3	[cm]	
Sig. Hail Param. (SHIP):		[1]	Large Hail possible
Max. Hail Size (new, new2, i		2.62 [cm	1]
LCL AGL:		[m]	
Convective Height:	9.75	[km]	
Convective Indices			
Showalter Index:	1.25	[°C]	Scattered Thunderstorms expected
Modified Thompson Index:		[°C]	Widespread Thunderstorms expected
Total Totals Index:		[°C]	Widespread Thunderstorms expected
KO Index:	-5.36	[1]	No Thunderstorms expected
Craven SigSvr / 1000:		[m/3/s/3]	Severe Thunderstorms expected
SCP RM (new, old):		[1]	Supercells expected
SCP LM (new, old):		[1]	Supercells expected
STP (new, old):	0.04, 0.08		Tornadoes not likely
SB STP (fix):		[1]	Tornadoes possible
Derecho Comp Param:		[1]	
MCS 18m/s (MMP, MSP):		[%]	
Exp. Supercell Index CH:	1.72	[1]	Supercells possible
SWISS 12 Index:		[1]	Thunderstorms expected
Wind Parameters			
Storm Direction:	239.56	[°]	
Storm Motion:		[knt]	
SR Wind Sfc-2km:		[knt]	Supercells expected
SR Wind 4km-6km:		[knt]	Tornadic Supercells possible
SR Wind 9km-11km:		[knt]	HP Supercell Type expected
Effective Shear 6000:		[knt]	
Bulk Richardson Number:	8.04	[1]	Singlecells expected
3km Effective SRH:		[m/2/s/2]	Supercells possible
Max 3km SRH (Sfc-2km):		[m/2/s/2]	Supercells possible
Max 3km SRH Level AGL:		[m]	Tornadoes expected
3km Energy Helicity Index:		[1]	Supercells possible
3km Vorticity Gen. Pot.:		[m/s/2]	Tornadoes possible

3 Immagini Radar

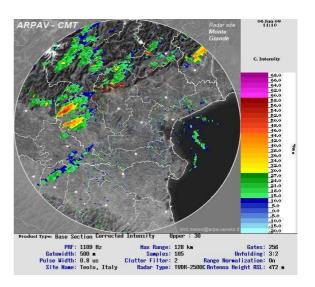
A differenza di come diceva il modello previsionale WRF la linea di convergenza si presenta poco più ad ovest, leggermente a Sud del Lago di Garda.

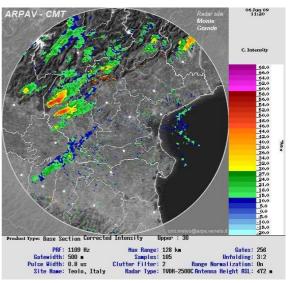


[ore 11.00 UTC] Si formano due celle, una a Sud Ovest di Verona città ed una nella zona Est del lago di Garda. Un'altra cella prenderà poi forma più a sud sul basso mantovano, non trovando però condizioni utili ad uno sviluppo di tipo supercellulare.

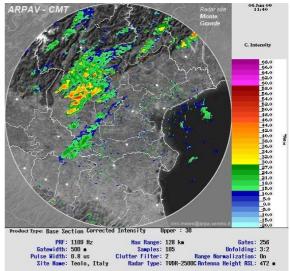


[11.10-11.20~UTC]Negli scatti successivi del radar le due celle si potenziano e sembrano assumere la classica forma a V.

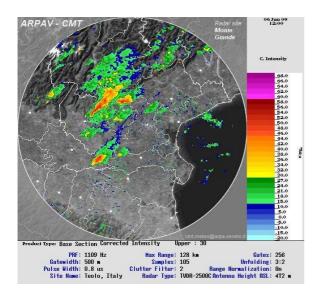




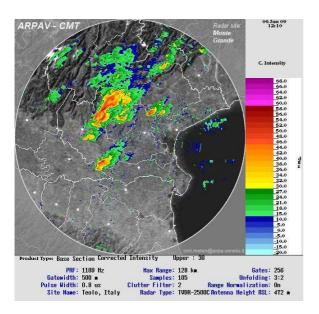
[11.40 UTC]Le celle si uniscono e danno vita ad un sistema multicellulare.



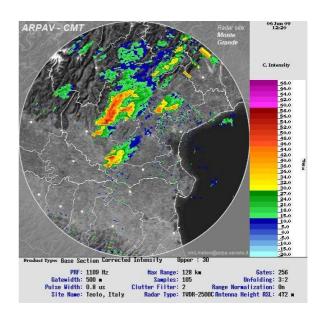
[12.00 UTC] Il sistema temporalesco approda nel vicentino ed inizia ad organizzarsi.

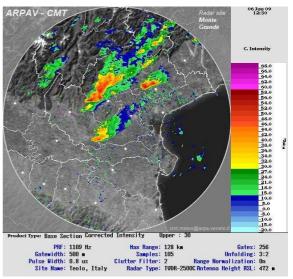


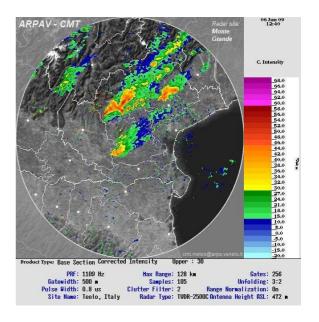
[12.20 UTC --->] Da questo momento, all'incirca, il temporale inizia ad avere i connotati di supercella. Guardando attentamente le immagini radar si può vedere la deviazione verso destra. Una cosa che si può notare è come, nel momento in cui il temporale si è organizzato, la velocità di spostamento dello stesso è aumentata considerevolmente, e si può stimare dalle immagini una velocità sui 70 - 80 km/h

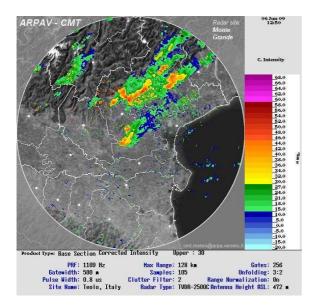


Appare netto nei frame l'influenza del getto alle alte quote troposferiche che permette ai dowdrafts di non influire e interferire sugli updraft delle torri quindi prettamente ad asse obliquo, nel vicentino si segnalano evidenti rotazioni alla base, segnale di struttura mesociclonica (osservazione di Davide Rosa da Maragnole di Breganze)

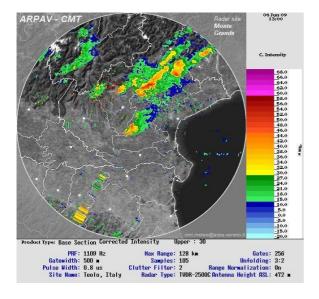




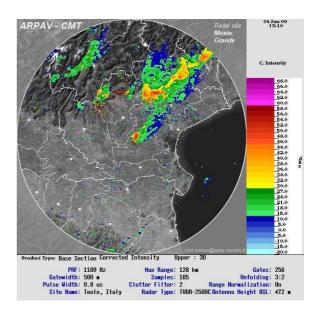


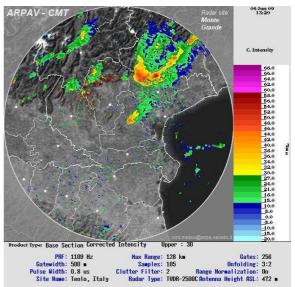


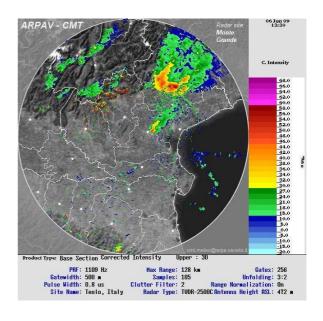
Quando il sistema nel suo moto verso Est entra in territorio trevigiano i frames radar iniziano a palesare il tipico eco che tradisce la presenza di mesociclone (ma vedremo nel dettaglio più avanti). Tuttavia non disponendo di immagini radiali o cross-section l'analisi diventa per forza di cose limitata.

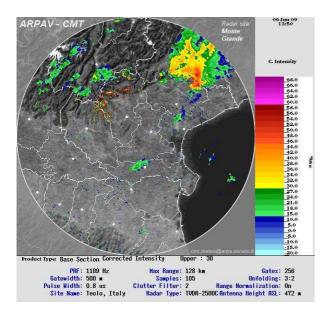


Nelle immagini successive, il sistema temporalesco continua la sua (veloce) corsa attraverso il trevigiano, assume in questi frangenti un eco diverso al radar tuttavia la natura mesociclonica permane, confermata da alcune foto scattate dalle squadre di stormchaser veneti presenti sul campo.

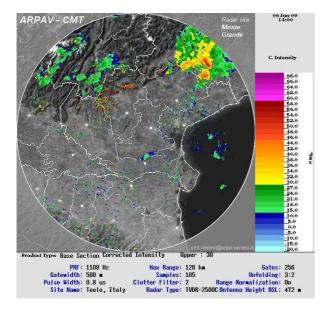


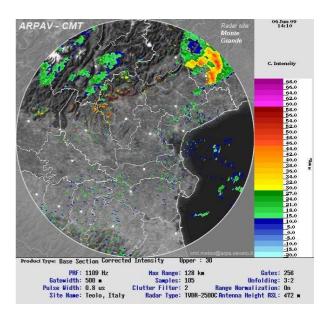




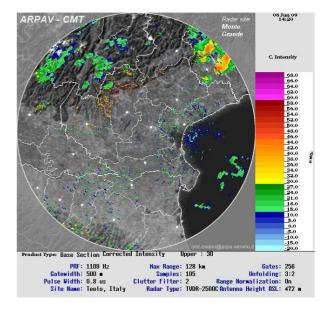


Questi frame rappresentano il transito del sistema temporalesco in spostamento verso est-nordest, è possibile cogliere la rilevante velocità di traslazione dell'intero complesso, ben evidente tra uno scatto radar e il successivo che rammentiamo essere di 10 minuti in 10 minuti.





Dopo aver abbandonato con tutta la scia di danni la provincia di Treviso, il temporale supercellulare riprende vigore in provincia di Pordenone ove scatena al suolo un altro notevole tornado.



Alle ore 13.28 UTC un gruppo di cacciatori si porta sulla cella responsabile del tornado avvenuto pochi minuti prima a Vallà. Vengono scattate alcune foto sotto riportate, appare evidente all'osservatore l'estrema turbolenza presente alla base della *wall cloud*, distinguibile nelle foto in quelle "protuberanze" condensate. Al momento di questi scatti non sono apprezzabili effetti al suolo, se non si escludono le forti raffiche derivanti dall'RFD (*rear flank downdraft*).



(fonte Marco Rabito – Serenissima Meteo)

Il sistema viene "abbordato" nei pressi dell'abitato di Paese (TV) e seguito per alcuni chilometri verso Est; l'estrema velocità di spostamento della supercella (stimabile in 70-80 km/h) impedisce ulteriori scatti ravvicinati.



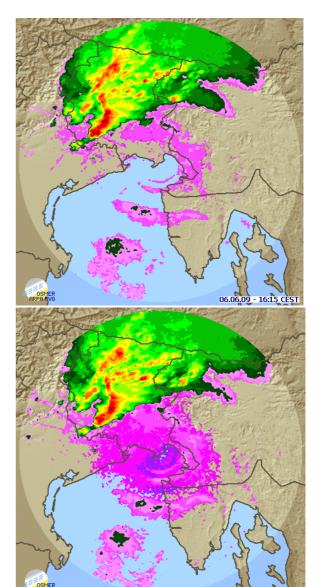
Sopra e sotto: Foto della wall cloud (fonte Tobia Scortegagna – SerenissimaMeteo)



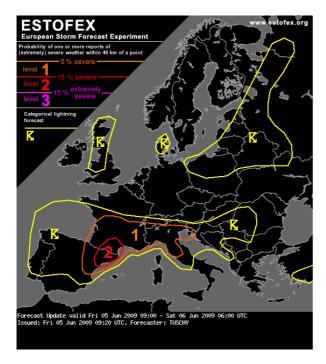
Nella foto che segue, tratta da un video girato alle ore 13.37 UTC si palesa alla vista un corposo *funnel cloud*.

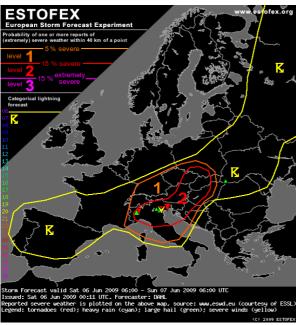


(fonte Tobia Scortegagna - SerenissimaMeteo)



4 Estofex





5 Raffica vento a 10 metri

Stazione Arpa Direzione	Ora solare	Intensità					
(agg	(aggiungere un'ora) (m/s – Km/h)						
Crespano del Grappa	14:11	15 – 54	NNO				
Castelfranco Veneto	14:12	34,7 – 124,9	NE				
Maser	14:16	12,4 – 44,6	NE				
Volpago del Montello	0 14:33	16,8 – 60,4	NE				
Conegliano	14:38	13,5 – 48,6	NE				

Appare particolarmente rilevante il dato relativo alla raffica di Castelfranco Veneto (125 km/h) relativamente al passaggio del sistema tornadico sull'abitato di Vallà di Riese Pio X che dista appena 3 km in linea d'aria. Questo dato, in aggiunta alle testimonianze raccolte sulla zona tra la popolazione ci permette quindi di collocare dal punto di vista temporale il passaggio della supercella con annesso tornado su Vallà tra le ore 13.10 e le ore 13.15 UTC.

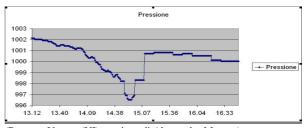
Qui di seguito i rilevamenti del crollo pressorio al transito del sistema mesociclonico, interessante è il notare come i quattro grafici siano tutti caratterizzati dallo stesso andamento della pressione rispetto alla variabile tempo, tant'è che se si eseguisse una traslazione dei vari grafici alla stessa origine temporale i diagrammi sarebbero quasi sovrapponibili. Sarebbe utile in futuro uno studio specifico in merito a questo aspetto al fine di poter eventualmente caratterizzare, dal punto di vista pressorio le differenze tra cellule temporalesche mesocicloniche e non mesocicloniche (Stazioni Meteo Amatoriali):



(Tombolo (PD), stazione di Luca Beghetto, la linea viola indica la pressione atmosferica)



(Castelcucco (TV), stazione di Giuseppe Aiello)

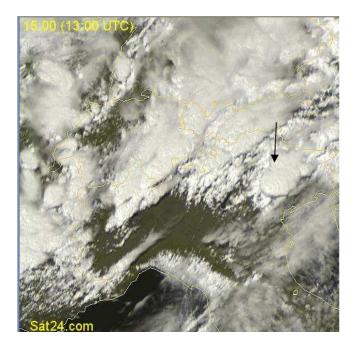


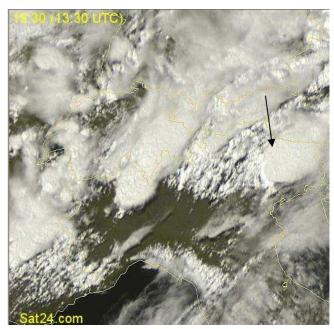
(Rossano Veneto (VI), stazione di Alessandro Marcon)

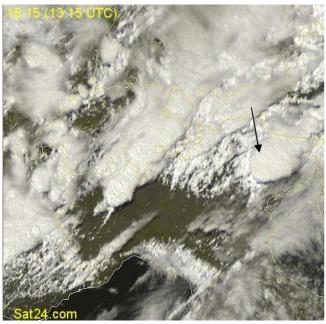


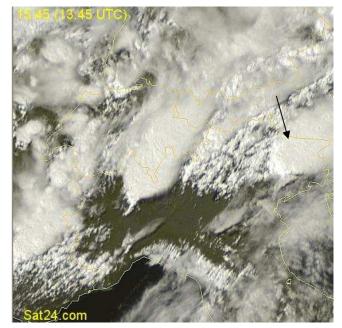
(Crespano del Grappa (TV), stazione di Paolo Manganello)

6 Immagini del satellite









7 Il tragitto compiuto dal sistema temporalesco



Nella soprastante immagine è indicato il percorso del sistema temporalesco supercellulare in tal sede analizzato; con i cerchietti rossi si evidenziano le aree dove questo sistema ha generato fenomenologia tornadica:

- Il cerchietto in basso a sinistra identifica l'area colpita dal Tornado di Vallà di Riese Pio X (TV)
- Il cerchietto in alto a destra identifica l'area colpita dal Tornado di Orcenico-Valvasone (PN) Di seguito si elencano alcune caratteristiche peculiari del sistema temporalesco supercellulare in analisi:

Tragitto del temporale dalla formazione del 1° tornado: 112 Km

Tempo di percorrenza: 1h 30m circa

Intensità dei tornado:

Vallà di Riese Pio X EF3 Orcenico, Valvasone EF2

Non si segnalano danni lungo la dorsale meridionale del Montello e nella zona tra Conegliano e Marzinis

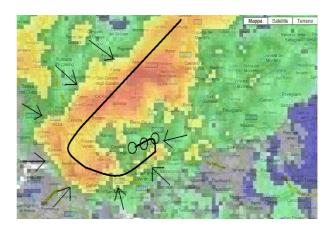
7.1 Vallà di Riese Pio X



Nelle immagini radar qui esposte è abbastanza evidente l'*eco ad uncino* tipico di formazioni tornadiche (ben illustrato nell'immagine sottostante), inoltre possiamo notare come il vortice fosse incastonato all'interno di un'area quasi totalmente caratterizzata da forti precipitazioni piovose e anche grandinigene, tale situazione spesso rende difficile individuare il cono tornadico conferendo a questi sistemi la caratteristica di essere particolarmente insidiosi.

Dalle testimonianze raccolte in zona ci può rendere conto del fatto che chi ha testimonianze oculari circa la visione del suddetto cono tornadico condensato era proprio vicino e pertanto a grave rischio della propria incolumità. Al momento gli scriventi non hanno recuperato alcuna testimonianza fotografica del sistema tornadico.

Di seguito andiamo ad analizzarne il percorso.



E' probabile che ci sia stato un fenomeno di Multiple Vortex, che ha poi originato un unico tornado.



Da Via Cà Miane si è diretto verso Est, Nord-Est in Via Salvo D'Acquisto dove è stato ferito un ragazzo, sollevato dal vento e scaraventato dentro un fossato, Via Asilo e la Castellana, dove sono state distrutte la palestra Heavy Metal e la fabbrica Idea Legno.

Si dimostrano come sempre di fondamentale importanza i sopralluoghi effettuati dai cacciatori nelle ore immediatamente successive all'evento, anche nel caso dell'evento tornadico di Vallà di Riese numerosi appassionati e studiosi si sono recati sul posto permettendo la raccolta di importante materiale (video, foto, oculare, testimonianze dirette). Grazie a questi sopralluoghi si è riusciti a determinare in maniera inequivocabile la natura tornadica dell'evento.





La palestra Heavy Metal in Via Castellana (fonte Marco Rabito – SerenissimaMeteo)



Altra foto della palestra (fonte Tobia Scortegagna – SerenissimaMeteo)



La palestra Heavy Metal sullo sfondo a destra e la fabbrica Idea Legno sullo sfondo a sinistra (fonte Davide Rosa – SerenissimaMeteo)



La fabbrica Idea Legno sullo sfondo a sinistra (fonte Davide Rosa – SerenissimaMeteo)



La fabbrica Idea Legno in Via Castellana (fonte Marco Rabito – SerenissimaMeteo)



(fonte YouReporter.it)

Il sistema si è diretto verso Nord, Nord-Est andando a danneggiare Via Rubee. Ha proseguito verso Nord fino a Via Ca' Vecchia dove ha piegato verso Est, per poi puntare in direzione Sud-Est.

Dopo aver attraversato Via Aurelia, nella sua corsa ha abbattuto un traliccio dell'alta tensione, i cavi dell'alta tensione sono finiti in una ditta di Via Artesini, dove la furia del tornado ha provocato altri danni. Lungo la Strada Provinciale 667, disagi provocati dalla caduta dei tralicci dell'alta tensione.







Abitazione e fienile in Via Ca' Miane (fonte Tobia Scortegagna – SerenissimaMeteo)



Abitazione in via Castellana (fonte Tobia Scortegagna – SerenissimaMeteo)



(fonte Marco Rabito – SerenissimaMeteo)



(fonte Marco Rabito - SerenissimaMeteo)



Particolare di porta REI danneggiata in uno seminterrato di abitazione a Vallà di Riese Pio X (fonte Marco Rabito - SerenissimaMeteo)

7.2 Foto di danni a Vallà di Riese Pio X



 $(fonte\ Tobia\ scortegagna-Serenissima Meteo)$



(fonte Marco Rabito - SerenissimaMeteo)



 $(fonte\ Alberto\ Gobbi-MeteoNetwork)$



(fonte Tobia Scortegagna - SerenissimaMeteo)



(fonte Marco Rabito - SerenissimaMeteo)



(fonte Marco Rabito – SerenissimaMeteo)



Tralicci abbattuti (fonte Francesca Bonato – SerenissimaMeteo)



Tralicci abbattuti (fonte Francesca Bonato – SerenissimaMeteo)



(fonte Marco Rabito - SerenissimaMeteo)



(fonte Tobia Scortegagna – SerenissimaMeteo)



(fonte Tobia Scortegagna – SerenissimaMeteo)



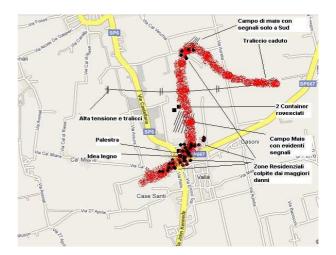
(fonte Giuseppe Aiello - Protez. Civile)



(fonte Il Gazzettino)

7.3 Vallà di Riese Pio X, analisi dei danni.

Analizziamo parte dei danni rilevati nella località Vallà di Riese Pio X, via Kennedy, nell'immagine possibile capire la posizione topografica delle strutture oggetto dell'analisi.



Idea Legno:



(fonte Marco Rabito - SerenissimaMeteo)



(fonte Marco Rabito – SerenissimaMeteo)

Capannone dotato di travi di copertura a doppio T in cemento armato, lunghi 15 metri, dimensioni totali della struttura assimilabili a quelle della palestra la cui analisi è riportata qui di seguito. Peso stimabile delle

travi di copertura 9 tonnellate, particolare del danno riscontrato è appunto l'asportazione di tali travi poi depositate a circa 10-12 metri dalla loro posizione originale.

Va specificato che tali travi erano ancorate alle strutture perimetrali portanti con le classiche zanchette in acciaio (e tasselli meccanici), si può pertanto affermare che la forza necessaria al loro sollevamento sia ben superiore alla forza peso delle travi stesse. I pilastri portanti di questa struttura sono rimasti in piedi, con la sella del pilastro portante centrale intatta, divelti invece i pannelli laterali come ben visibile nell'immagine.

Stima delle velocità tangenziali del vento riscontrati sul fabbricato 'Idea Legno':

In riferimento al tegolo in c.a.p. sollevato e trasportato per 10 m circa di Idea Legno (vedasi foto in precedente di Marco Rabito) si riportano alcune considerazioni in merito.

Anzitutto si valuta la pressione sugli elementi di una struttura:

P=qref*Ce*Cp*Cd in cui si ha:

Cd=1 coefficiente dinamico

Ce=1,71 coefficiente di esposizione (per la zona di Vallà, per l'altezza del fabbricato e per il tipo di fabbricato)

Cp=0,8 int + 0,4 ext coefficiente di pressione totale, con ipotesi di primo tentativo (tegolo asportato dopo il cedimento delle aperture ad ovest, considerate tali aperture più di 1/3 della sup. totale sopravento, e prima del cedimento dei pannelli ad est) utile alla stima della minima velocità tangenziale del tornado per il semplice sollevamento del tegolo.

Il tegolo misura 15x2,5 m, pesa circa 9,2 ton. Si determina quindi P=245 daN/mq (pressione agente sul tegolo dal basso verso l'alto)

qref (press di riferimento) é incognita: la si determina dato che $qref=v^2/1.6$

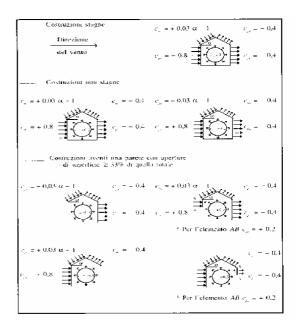
Si calcola quindi la velocità v=157 km/h, minima velocità (orizzontale) tangenziale del tornado necessaria per generare la sotto pressione sufficiente a sollevare il tegolo.

Si rende ora necessario un approfondimento sul coefficiente di pressione Cp, dato che una variazione di questo in un intervallo assai ampio comporta una proporzionale variazione nel campo delle velocità tangenziali corrispondenti.

Il coeff. di pressione Cp:

- -esterno: soppesa la pressione del vento agente esternamente sulle strutture.
- -interno: soppesa la pressione del vento agente esternamente sulle strutture.

Si rimanda alla figura sottostante per una visualizzazione (a bassa risoluzione) di come si comporta il vento su strutture più o meno "ermetiche" alle stesse raffiche



Per quanto riguarda Cpe l'azione radente del vento, sviluppa un Cpe= -0,4 (in aspirazione, quindi)

Per quanto riguarda Cpi i casi sono i seguenti:

- -tegolo asportato prima del cedimento delle aperture ad ovest (caso avente poche possibilità di verificarsi) Cpi=0 e Vv=471 Km/h valore anormalmente elevato.
- -tegolo asportato dopo il cedimento delle aperture ad ovest e cedimento dei pannelli ad est (caso avente poche possibilità di verificarsi) Cpi=0 e Vv=471 Km/h valore anormalmente elevato
- -tegolo asportato dopo il cedimento delle aperture ad ovest (considerate tali aperture più di 1/3 della sup totale sopravento) e prima del cedimento dei pannelli ad est Cpi=0,8 e Vv=157 Km/h velocità minima stimata come da precedente considerazione.
- -tegolo asportato dopo il cedimento delle aperture ad ovest (considerate tali aperture meno di 1/3 della sup totale sopravento, situazione senz'altro più vicina alla realtà rispetto alla precedente) e prima del cedimento dei pannelli ad est Cpi=0,2... e Vv=314 Km/h come stima della velocità tangenziale massima.

Quindi le velocità tangenziali del tornado, in corrispondenza di Idea Legno, si possono stimare tra i 150 (Cpi=0,8) ed i 320 Km/h (Cpi=0,2) circa, nell'ipotesi di tegolo privo di semplici ancoraggi al trave perimetrale portante e trascurando il successivo moto del tegolo dopo il suo sollevamento.

E' abbastanza logico, infine, capire perché é ceduta la parete sottovento (stesso segno di Cpi e Cpe) di Idea Legno e quella sopravento solo danneggiata (Cpi e Cpe contrari).

Si nota in ogni caso parecchia differenza di Cpi tra meno di 1/3 di superficie aperta sopravento e più di 1/3 di superficie aperta sopravento: in tal caso si fa prima a considerare Cpi=0,8 per 1/3 di sup aperta sopravento, stimare in circa 1/6 la reale sup aperta sopravento (vedasi foto infissi e portone divelto con cartello idea legno) e considerare un Cpi=0,4.

Risulta una riduzione della stima delle velocità a 240 km/h.

A questo punto vi sono 2 fattori importanti da aggiungere:

1) Nella foto di cui sotto si notano le zanchette di ancoraggio dei tegoli (considerati staticamente in semplice appoggio) alle travi perimetrali, mediante tasselli $\phi 10$ mm (misura eseguita rapidamente, non si va tanto distanti da questo valore), da foto di Marco Rabito:



Supponendo una profondità di ancoraggio media dei tasselli pari a 7 cm ottengo una sup di ancoraggio pari a 22 cmq.

Si assume in Rck daN/cmq la resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo delle travi perimetrali prefabbricate... mettiamo per ipotesi Rck 400 daN/cmq, seguendo il metodo delle tensioni ammissibili:

3*Tau Co=3*7,3 daN/cmq=22 daN/cmq

con coefficiente di sicurezza tra 1,5 e 2 per andare a rottura si ottiene: 22*2=44 daN/cmq tensione max di aderenza delle barre.

Si stima quindi che il tassello si sfili (come un pull out) a 900 daN circa; si hanno 4 tasselli in totale per il tegolo, per cui 3600 daN é la forza aggiuntiva da aggiungere ai 9200 daN del peso del tegolo.... circa il 40 % in più.

La stima delle velocità tangenziali del tornado viene corretta in tal modo:

240*1,4=335 Km/h

2) Il tornado, al suo interno (si ricorda come questo tornado aveva diametro attorno ai 150-200 m, localmente anche di più) mantiene pressioni dell'aria più basse di quella a condizioni indisturbate (circa 25-30 millibar in meno, da letteratura per tornado di questa intensità), ovvero riesce ad abbassare traumaticamente di circa 1/30 la pressione dell'aria in condizioni indisturbate

Se il sistema interessato fosse ermeticamente chiuso (cosa non vera: con tutta probabilità le correnti tangenziali avevano già creato parecchie aperture prima dell'arrivo del nucleo del tornado) il tegolo avrebbe ricevuto una spinta dal basso verso l'alto pari a 30/1000 daN/cmq, ovvero 12 ton complessive di spinta, valore decisamente troppo elevato

Risulta più intuitivo il pensare che non vi siano state le condizioni per creare forti gradienti di pressione tra l'interno e l'esterno del fabbricato (in merito al funzionamento del tornado), proprio per il fatto che al sopraggiungere del "cuore depressionario" del tornado l'edificio sarebbe già stato caratterizzato da condizioni di mancata chiusura per marcato danneggiamento degli infissi (porte e finestre).

In definitiva, stante questa considerazione, si esclude tale fattore nel legame tra le velocità tangenziali del tornado e l'asportazione del tegolo.

Se poi proprio si vuole considerare tale gradiente di pressione tra interno ed esterno dovuto al tornado (in un transitorio di condizioni di parziale chiusura dell'edificio rispetto all'esterno), e considerandolo nella giusta misura (non più di 10-11 millibar), ancor si ottiene una stima della velocità tangenziale minima di circa 230 Km/h.

Palestra Heavy Metal:



(fonte Marco Rabito - SerenissimaMeteo)

Struttura dotata di travi di copertura a Y in cemento armato di peso inferiore a quelle relative alla copertura di Idea Legno.

Nell'immagine è possibile notare la sella del pilastro decisamente collassata; tale fatto ha probabilmente portato alla caduta delle travi perimetrali (colorate di rosa) e di conseguenza al cedimento dell'intera copertura. Un'ipotesi potrebbe essere data dal fatto che la ridotta superficie offerta dalle travi a Y alla pressione di sollevamento abbia portato le travi a Y a ricadere (diversamente dai tegoli di Idea Legno, sollevati e trasportati ben al di fuori della superficie di ingombro dell'edificio) sulle strutture portanti favorendo quindi il collasso del sistema pilastro-trave perimetrale. Va notato che i passi tra pilastro e pilastro non sono di ampiezza rilevante (7,5 m circa) per cui è ipotizzabile pensare, in merito al cedimento delle strutture di sostegno in esame, ad una azione di discreta entità, come potrebbe essere la ricaduta sulle stesse strutture di sostegno delle travi a Y

Abitazioni:



(fonte Marco Rabito - SerenissimaMeteo)

A differenza di una vicina abitazione caratterizzata da classici danni "border line", con asportazione di copertura in coppi (rimasti al loro posto i travetti dell'orditura secondaria e i muraletti in legno della

copertura), nell'abitazione dell'immagine soprastante sono apprezzabili evidenti danni sul paramento murario con asportazione di mattoni pieni in laterizio; con tutta probabilità il cedimento di tale paramento murario ha facilitato il cedimento della copertura. Trattasi tuttavia di danni minori rispetto a quanto osservato presso la palestra Heavy Metal e presso Idea Legno, in merito alla stima delle velocità tangenziali del vento.

Analizzando le foto dei danni alle altre abitazioni (foto), viene facile constatare che molti dei muri (ma non solo) esterni degli edifici sono stati danneggiati.

Questo fenomeno è da attribuire all'impatto dei detriti o macerie che vengono "risucchiati" e poi espulsi dagl'intensissimi venti a circolazione ciclonica del vortice. Veri e propri proiettili vaganti che possono, appunto, causare seri danni a strutture e/o cose e divenire fatali in caso di impatto su persona fisica.

Sono una delle prove più attendibili in caso di stima dell'evento, in quanto fanno parte di uno degli "accessori" della struttura di un tornado (*debris cloud* o nube di macerie). Ovviamente, il *debris cloud* sarà composto dalle caratteristiche del suolo o di ciò che vi si trova sullo stesso, nel caso dell'abitato di Vallà prevalentemente di residui di copertura (coppi, eternit, guaine, grondaie, legno, fogliame).

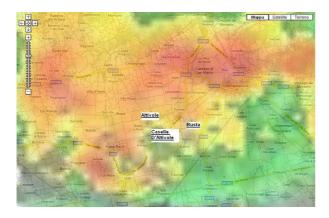


(fonte Dino Gasparetto - Meteonetwork)

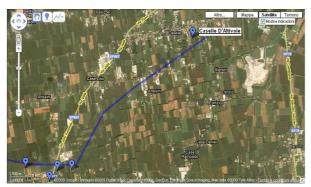


(fonte Alberto Gobbi – Meteonetwork)

7.4 Caselle D'Altivole – Busta



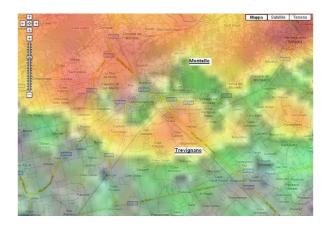
Il sistema, superato Vallà, ha poi puntato verso Nord-Est in direzione di Caselle D'Altivole. Qui ha seriamente danneggiato la copertura di alcuni capannoni nella zona industriale.



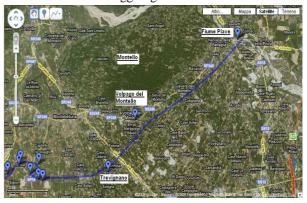
Ha proseguito la sua corsa verso Nord-Est raggiungendo la frazione di Busta. Ha colpito la parte Nord della frazione specialmente in Via Perer e Via San Rocco, dove ha danneggiato alcuni tetti asportandone coppi e tegole, abbattuto alberi e segnaletica stradale, divelto dei pali dell'elettricità distrutto una coltivazione di Actinidia (kiwi). Si è poi spostato verso Sud, interessando Via Fanzolo e Via Via Fanzolo si segnalano tetti Schiavonesca. gravemente danneggiati, grondaie divelte, grossi alberi abbattuti e pali in cemento dell'Enel piegati. In Via Schiavonesca, la forza del vento ha danneggiato le barriere del passaggio a livello ferroviario, piegandone una e attorcigliando l'altra.



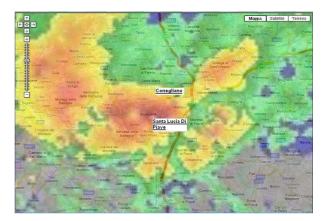
7.5 Trevignano e dorsale meridionale del Montello



Ha proseguito verso Nord-Est in direzione di Trevignano. Qui ha abbatuto degli alberi e distrutto le serre di una azienda agricola, tranciato i pali in cemento delle coltivazioni. Nel cimitero del paese sono volate via alcune lapidi. Ha poi proseguito il suo cammino, perdendo forza, lungo la dorsale meridionale del Montello fino a raggiungere il Fiume Piave.



7.6 Santa Lucia di Piave e Conegliano



Superato il Fiume Piave, il sistema temporalesco si è nuovamente intensificato, e seguendo la direttrice Nord-Est ha raggiunto la parte nordorientale di Santa Lucia di Piave.



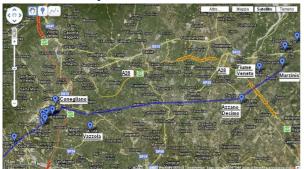
In Via Martiri della Libertà, Via Foresto e in Via degli Alpini il vento ha abbattuto alcuni alberi. In Via degli Alpini una casa è stata danneggiata, perdendo parte della copertura. Nel paese di Sarano in Via Trieste alcuni capannoni sono stati scoperchiati, mentre in Via Distrettuale, Via Alessandro Volta e Vicolo Broch sono stati abbattuti degli alberi e si sono avuti danni alla linea elettrica.



A Conegliano lungo la Pontebbana il vento ha sradicato qualche cartello stradale e spezzato alcuni rami.

7.7 Tra Conegliano e Casarsa della Delizia

A questo punto è ipotizzabile che la cella temporalesca abbia perso intensità nella zona di confine tra Veneto e Friuli Venezia Giulia. Dopo aver lambito Conegliano il sistema temporalesco si è mosso Est. A Vazzola è stato osservato un *funnel cloud*. Ha proseguito la sua corsa fino ad Azzano Decimo, dove la cella ha iniziato a riacquistare intensità. Ha puntato verso Nord-Est lambendo Fiume Veneto e intensificandosi ulteriormente nei pressi di Marzinis.



7.8 Marzinis, Orcenico Inferiore, Orcenico Superiore

In prossimità di Marzinis, il tornado si è nuovamente manifestato. Continuando la sua corsa in direzione Nord-Est si è diretto verso Orcenico Inferiore e la Pontebbana e successivamente verso Orcenico Superiore. Una cinquantina di case sono state danneggiate, parti dei tetti divelte, coppi asportati, alberi abbattuti, auto e camion sollevati da terra, alberi e pali della luce sradicati. In località Sile un pioppeto è stato devastato dal vento. Tronchi e rami sono andati ad ostruire la linea ferroviaria Venezia – Udine. Lungo la Pontebbana un'auto è stata investita dal vento, sollevata e scaraventata a terra. Ferito in modo lieve il conducente.

Ad Orcenico Inferiore il tornado ha danneggiato seriamente la ditta Ipea Gomme. Ad Orcenico Superiore la Caserma "Leccis" ha subito gravi danni per asportazione di tegole e parte della copertura.





Nei pressi di Marzinis (fonte Marco Fancello – Meteotriveneto)



Pioppetto in località Sile (fonte Marco Fancello – MeteoTriveneto)



Sopra e sotto la fabbrica Ipea Gomme (fonte Marco Fancello – MeteoTriveneto)





Rimorchio spostato dalla forza del vento (fonte Marco Fancello – MeteoTriveneto)

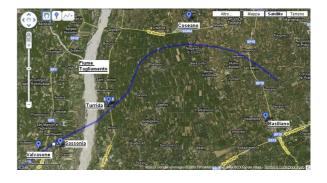


Caserma "Leccis" si possono notare i danni sulla copertura (fonte Nicola Lenarduzzi – MeteoTriveneto)

7.9 Valvasone, Coseano, Basiliano

Il temporale ha proseguito in direzione Nord-Est andando a colpire Valvasone. Qui ha danneggiato il tetto a una ventina di abitazioni, un autolavaggio e ha fatto cadere alberi e pali della corrente elettrica. In località Sassonia è stato avvistato un *funnel cloud*. E' probabile che qui il sistema si sia temporanamente attenuato e abbia attraversato il Fiume Tagliamento sempre con direttrice Nord-Est. Si è poi nuovamente intensificato a Turrida di Sedegliano.

Giunto nelle frazioni meridionali di Coseano (dove le forti raffiche hanno danneggiato e asportato la copertura un capannone) ha proseguito verso Est, Sud-Est andando ad esaurire la sua corsa nella parte alta di Basiliano.





Alberi abbattuti a Valvasone (fonte Nicola Lenarduzzi MeteoTriveneto)



Danni a Valvasone (fonte Nicola Lenarduzzi – MeteoTriveneto)



(fonte Youreporter)



(fonte Youreporter)



 $Pioppeto\ in\ localit\`{a}\ Sile\ (fonte\ Dino\ Gasparetto-MeteoNetwork)$



Recinzione danneggiata dalla forza del tornado (fonte Dino Gasparetto – MeteoNetwork)